

Проектирование гибких производственных систем



Гибкая производственная система (ГПС) — отдельная единица технологического оборудования или совокупность таких единиц, а также систем обеспечения их функционирования в автоматическом режиме.

Область применения ГПС - серийное многономенклатурное производство.

Преимущества ГПС:

- **увеличение производительности труда** в процессе изготовления единичной и мелкосерийной продукции благодаря более высокой загрузке оборудования;
- **сокращение времени производственного цикла** и быстрое реагирование на изменение требований заказчиков;
- **повышение качества продукции** за счет устранения ошибок и нарушений технологических режимов;
- **уменьшение капитальных вложений, площадей и численности обслуживающего персонала** прежде всего за счет трехсменного режима работы;
- **снижение объема незавершенного производства;**
- **повышение эффективности управления** за счет исключения человека из производственного процесса.

Основные характеристики ГАП

- гибкость;
- производительность;
- эффективность

Гибкость:

- ❖ возможность обрабатывать на одной и той же технологической линии различные детали в различных сочетаниях;
- ❖ возможность изменения в любой момент стратегии производства в зависимости от необходимости;
- ❖ модифицирование обрабатываемых деталей без привлечения дополнительных значительных затрат;
- ❖ изменение состава технологической линии в зависимости от требований;
- ❖ повторное использование значительного процента существующих капиталовложений в том случае, если приходится полностью менять тип продукции.

Виды гибкости

- **Машинная гибкость** – легкость перестройки технологических элементов ГПС для производства заданного множества типов деталей.
- **Маршрутная гибкость** – способность продолжать обработку заданного множества типов деталей при отказах отдельных технологических элементов ГАП

Эффективность ГПС :

Эффективность ГПС складывается из **технической, организационной и экономической эффективности**

Технологическая и организационная эффективность ГПС оценивается:

- **коэффициентом использования инструмента**, содержащегося в накопителях и при станочных магазинах;
- **коэффициентом использования технических средств** ГПМ, ГАЛ или ГАУ;
- **коэффициентами сменности и загрузки оборудования;**
- **показателями надёжности** ГПМ, ГАЛ или ГАУ.

Экономическая эффективность применения ГПС в сравнении с эксплуатируемым оборудованием **оценивается:**

- **сокращением затрат на закупку оборудования** (экономия основных фондов) в связи с уменьшением его числа, так как в 2...3 раза повышается производительность оборудования и улучшается его использование;
- **сокращением затрат на строительство производственных площадей** под уменьшенное число оборудования;
- **экономией фонда заработной платы;**
- **уменьшением вложений в оборотные фонды**, т.к. уменьшается производственный цикл изготовления продукции, необходимые запасы и т.д.

Производительность ГПС:

- часовая,
- суточная,
- по полному годовому фонду времени (учитывает возможности ГПС работать в малолюдном/безлюдном режиме. (годовой фонд времени 8760 ч.)

Фактический годовой фонд времени работы ГПС - **определяется** надежностью ее работы и **суммарным объемом простоев** всех видов в год.

При расчете производительности ГПС учитывают следующие **потери времени:**

- **цикловые потери рабочего времени** (*замена инструмента в шпинделе, ускоренный подвод и отвод инструмента, координатное перемещение стола и т.д.*);
- **простои по вине инструмента** (*замена инструмента из-за поломок, из-за затупления, регулировка без замены – при необходимости вмешательства оператора*);
- **простои по вине оборудования** (*регулировка и ремонт оборудования, отказ системы управления и т.д.*);
- **простои по организационным причинам** (*отсутствие электроэнергии, вспомогательных материалов и т.д.*);
- **простои, связанные с браком** (*брак предыдущих операций, брак материалов, выявленных во время обработки, брак обработки и т.д.*);
- **простои, связанные с переналадкой** (*замена оснастки, замена комплекта инструмента*).

По **организационной структуре** производства гибкие производственные системы подразделяются на **пять уровней**.

Первый уровень — **гибкие производственные модули (ГПМ)**, являющиеся основой гибкого производства. Это ГПС, состоящая из **единицы технологического оборудования с ЧПУ**, а так же устройство для передачи деталей и установления их на станки, смены и передачи инструментов, транспортно-накопительные и контрольно-измерительные устройства, устройства автономного управления и механизмы стыковки с другими



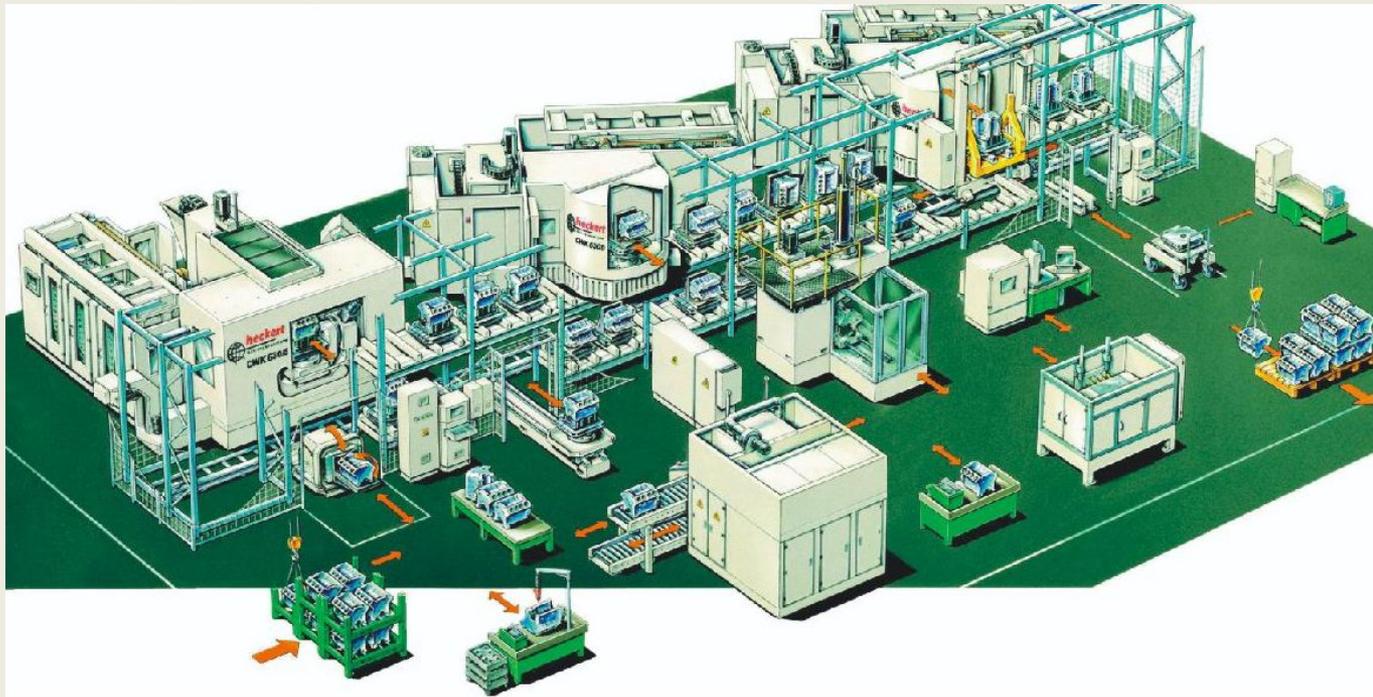
Второй уровень — гибкая автоматизированная линия (ГАЛ). Это гибкая производственная система, состоящая из нескольких гибких производственных модулей, объединенных автоматизированной системой управления.



Третий уровень — **гибкий автоматизированный участок (ГАУ)**. Это гибкая производственная система, состоящая из **нескольких гибких производственных модулей, объединенных АСУ, функционирующая по технологическому маршруту** и предусматривающая **возможность изменения последовательности использования технологического оборудования**.



Четвертый уровень — **гибкий автоматизированный цех (ГАЦ)**. Это гибкая производственная система в виде **совокупности гибких автоматизированных линий или участков**, предназначенная для изготовления изделий заданной номенклатуры.



Пятый уровень — **гибкий автоматизированный завод (ГАЗ)**. Это гибкая производственная система, представляющая собой **совокупность гибких автоматизированных цехов** и предназначенная для выпуска готовых изделий. Гибкий автоматизированный завод может иметь в своем составе отдельно функционирующие неавтоматизированные участки и цехи.

Система ГПС включает в себя:

- автоматизированное станочное оборудование



□ **автоматизированная транспортно-загрузочная система (АТЗС)** - система взаимосвязанных автоматизированных транспортно-загрузочных устройств (промышленные роботы , манипуляторы, автооператоры) для загрузки и выгрузки станков



- **автоматизированная транспортно-складская система (АТСС)** - система взаимосвязанных автоматизированных транспортных и складских устройств для укладки, хранения, временного накопления, разгрузки и доставки предметов труда, технологической оснастки.





Роботизированный
кран-штабелер
Fastems

Rail Guided Vehicle



**Loading
Station**

Загрузочная
станция



Места хранения паллет
Pallet rack



□ **автоматизированная система инструментального обеспечения (АСИО)** - система взаимосвязанных элементов, включающая участки подготовки инструментов, их транспортирования, накопления, устройства смены и контроля качества инструмента, обеспечивающие подготовку, хранение, автоматическую установку и замену инструмента;

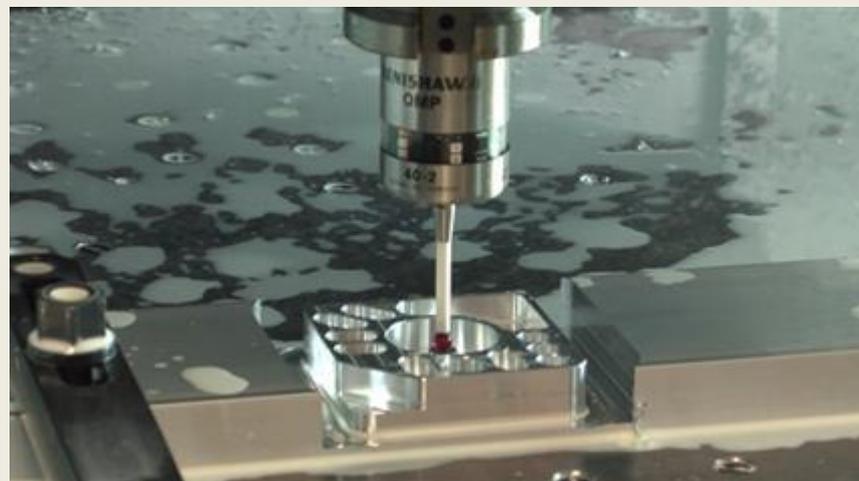
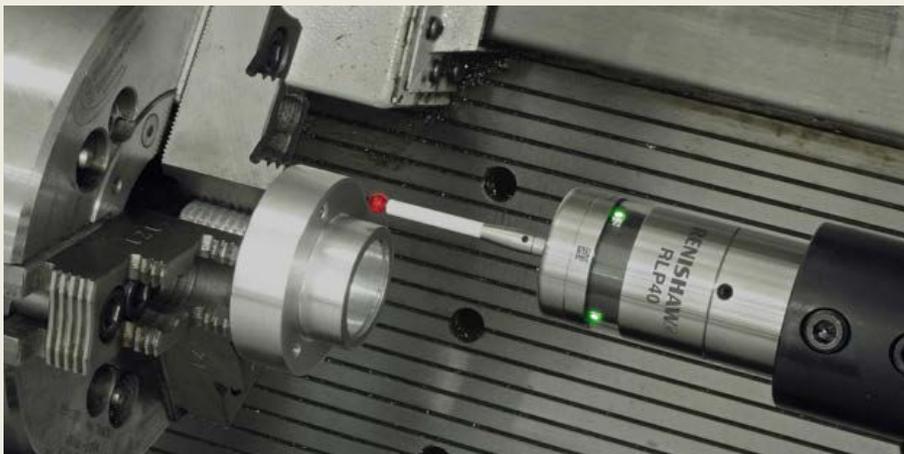


□ система автоматизированного контроля (САК)

Обеспечивает автоматическое измерение параметров деталей в процессе производства. А также выполняет различные контрольные операции по окончании обработки, т.е. осуществляет межоперационный и окончательный контроль.

Функции:

- контроль размеров и отклонений геометрической формы деталей;
- контроль положения заготовки при установке на столах станков;
- контроль состояния режущего инструмента;
- диагностика функций узлов и агрегатов в ГПС.



□ автоматизированная система удаления отходов (АСУО);

Включает в себя средства для сбора отходов временного хранения, удаления и зависит от степени автоматизации производства и характера отходов. (стружка, СОТС). Устройства действуют в пределах ГПС включая модули и подключаются к общей цеховой системе удаления отходов.



□ система автоматизированного проектирования (САПР);

□ автоматизированная система ТПП (АС ТПП);

□ автоматизированная система управления (АСУ);

Исходные данные для проектирования

- **сведения о продукции:** вид, номенклатура, габариты, требования к точности и качеству изготовления, выпуск в единицу времени по неизменяемым чертежам;
- **сведения о технологических процессах** изготовления изделий: сведения о заготовках (вид, точность), способах обработки, технологических базах, составе технологических переходов, нормативах времени на выполнение переходов.

Определение состава и числа оборудования станочного комплекса ГПС

При подборе станков для ГПС пользуются **двумя принципами**:

- принцип взаимодополняющих станков;
- принцип взаимозаменяющих станков.

Принцип взаимодополняющих станков - их **традиционный набор** и расположение на участке **в технологической последовательности**.

Недостаток - **низкая технологическая надежность**, - выход из строя какого-либо станка, имеющегося в составе ГПС в единственном экземпляре, сразу же уменьшает номенклатуру выпускаемых деталей.

Принцип взаимозаменяющих станков - для обработки поверхностей различных деталей **используются станки одной модели** (одной группы).

Выход из строя какого-либо станка в этом случае приведет лишь к некоторому снижению производительности ГПС, но не к сужению номенклатуры выпускаемых деталей.

Применение этого принципа **является наиболее эффективным**, если гибкое производство построено **на основе многооперационных станков**. При этом все станки можно загрузить только выполнением одних операций, а можно на разных станках выполнять последовательный ряд операций по изготовлению одновременно одной, двух или более деталей разных наименований.

Выбор вида станков, их специализации по числу управляемых координат **и определение их количества** в составе ГПС по выпуску деталей заданной номенклатуры :

$$K = \frac{C_{cp}}{T_{cp}}$$

$$C_{cp} = \frac{C_1 + C_2 + \dots + C_n}{n}$$

$$C_i = \sum_{i=1}^p t_{oni}$$

K - число станков по виду оборудования; C_{cp} - средняя станкоемкость, приходящаяся на каждый станок, мин; T_{cp} - средний такт выпуска деталей, мин. n - число типовых деталей; C_i - станкоемкость, приходящаяся на каждый станок по обработке i -го представителя типовых деталей, мин. t_{oni} - оперативное время по выполнению перехода на рассматриваемом станке, мин; p - число всех переходов, выполняемых на рассматриваемом станке по обработке деталей.

$$t_{oni} = t_{oi} + t_{m-vi} + t_{yi}$$

$$T_{cp} = \frac{60\Phi_0 K_{исп}}{N_{год}}$$

t_{oi} - основное время на выполнение перехода, мин; t_{yi} - вспомогательное время на снятие - установку заготовки, мин. Φ_0 - годовой фонд времени оборудования, ч ; t_{m-vi} - машинно-вспомогательное время, связанное с выполнением перехода (быстрый подвод и отвод инструмента, автоматическая смена инструмента и т.д.), мин; $K_{исп}$ - коэффициент использования оборудования по машинному времени; $N_{год}$ - годовая программа выпуска деталей, шт.

Расчетное значение K по каждому виду оборудования округляют в сторону большего целого числа.

При получении большого значения коэффициента загрузки отдельных видов станков ($K_{исп} \geq 0,9$) следует перевести обработку части поверхностей на однотипные станки с меньшей загрузкой (принцип взаимодополняющих станков). Недозагрузка оборудования на 20...25 % позволяет иметь некоторый запас производительности ГПС, который может быть использован для освоения новых деталей.

Определение производительности автоматизированной транспортно-загрузочной системы

Производительность перегрузочного робота, входящего в состав ГПМ и загружающего заготовки на станок

$$q_{np} = \frac{3600}{T_{np}}$$

$$T_{np} = (1 - \varphi) \sum_{i=1}^n t_i$$

T_{np} - время цикла перегрузочного робота, исходя из его технических характеристик и варианта установки; $\varphi=0,3$ - коэффициент совмещения операций в цикле действия перегрузочного робота; n - число элементарных операций по перемещению заготовки, на которые может быть поделен общий цикл перегрузки одной заготовки из кассеты на станок; t_i - продолжительность i -ой элементарной операции

Количество технологического оборудования, обслуживаемого одним промышленным роботом

Оперативное время, мин.	3,0-5,0	5,0-7,5	св. 7,5
Количество обслуживаемого технологического оборудования, шт.	2	3	4

Определение структуры и состава автоматической транспортно-складской системы ГПС

Автоматическая транспортно-складская система (АТСС) в ГАП

предназначена выполнять следующие функции:

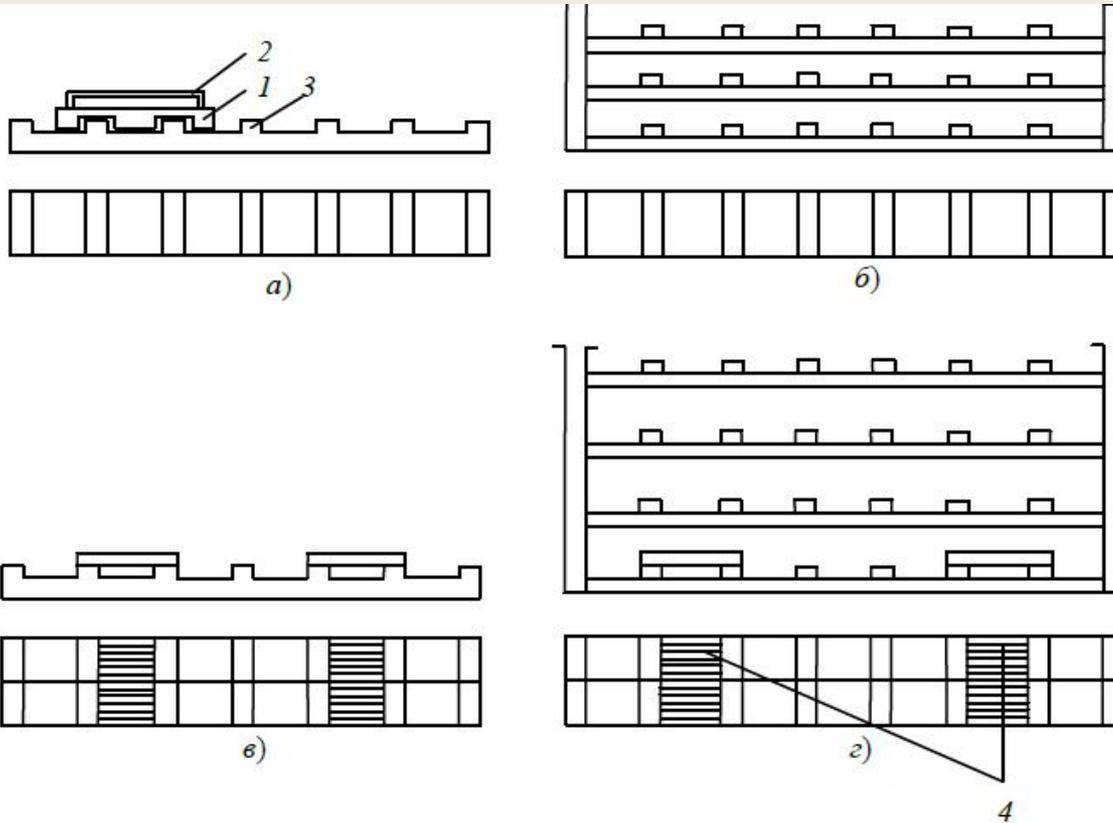
- **хранить в накопителях большой вместимости (складе) межоперационные заделы** деталей и автоматически транспортировать их в заданный адрес по командам от ЭВМ; транспортировать детали от станка к станку, а также на позиции разгрузки и загрузки;
- **оперативно пополнять накопители** небольшой вместимости (приемно-передающие агрегаты, тактовые столы и др.), установленные около каждого станка;
- **транспортировать обработанные детали** на позиции контроля и возвращать их для продолжения дальнейшей обработки или на позиции разгрузки – загрузки.

По конструктивному исполнению **склады** бывают:

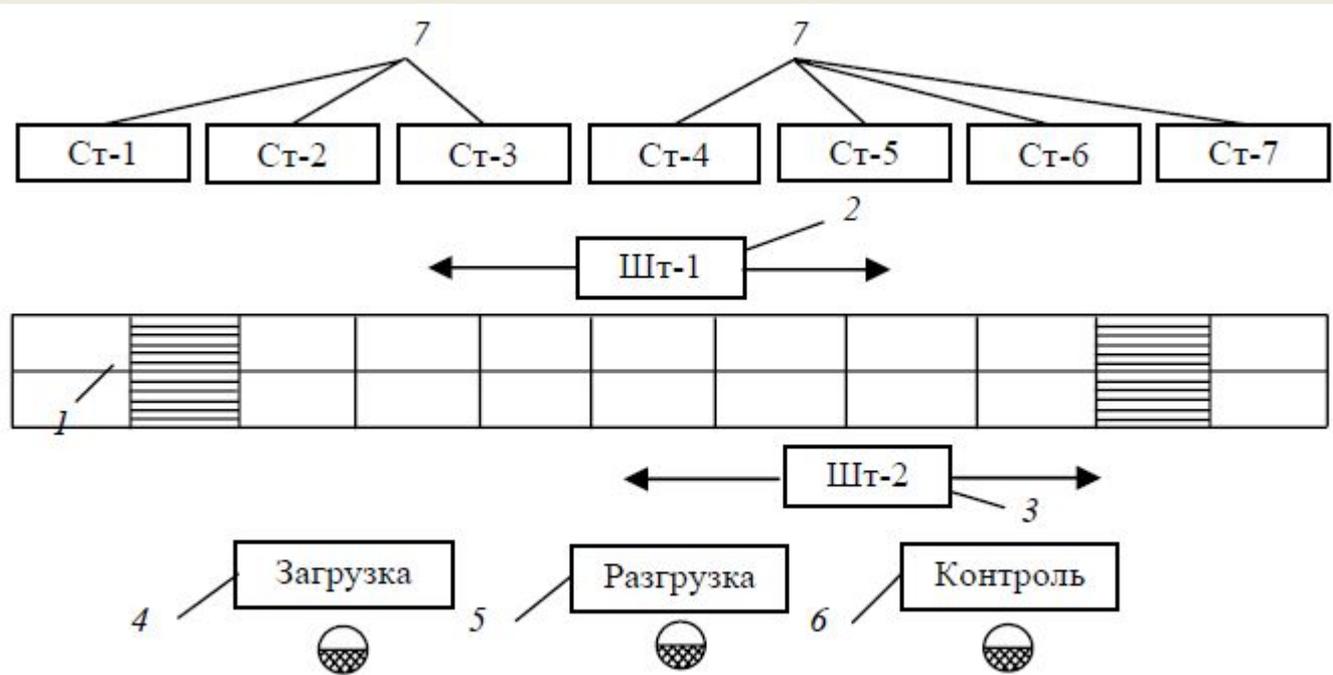
- **стеллажного типа;**
- **конвейерного типа;**
- **элеваторного типа;**
- **магазинного типа (тактовые столы).**

Наиболее часто применяют склады стеллажного типа и конвейерного типа и магазинного типа .

Склады стеллажного типа

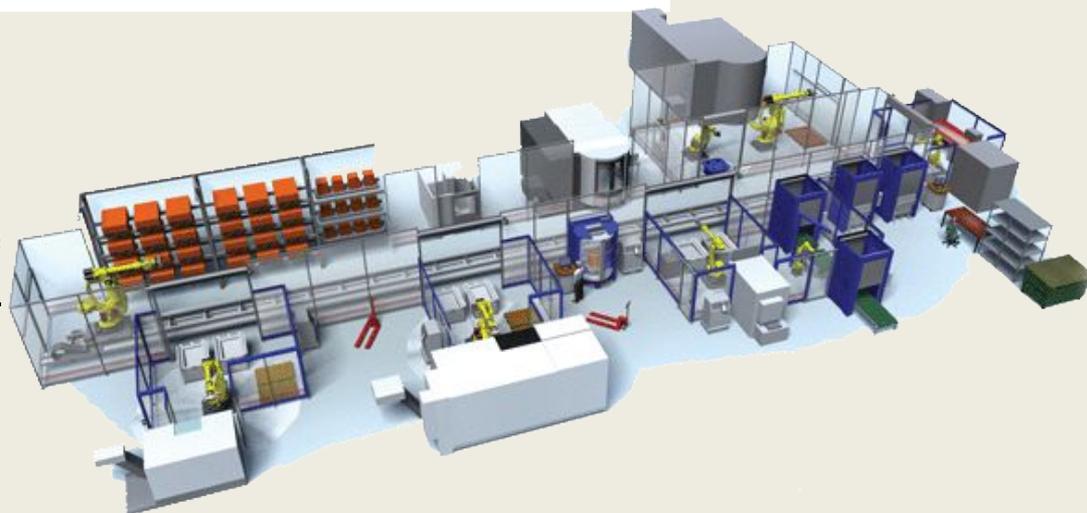


Схемы компоновки стеллажей-накопителей:
а – одноярусного однорядного; **б** – многоярусного однорядного; **в** – одноярусного двухрядного; **г** – многоярусного двухрядного;
1 – спутник; 2 – заготовка; 3 – ложементы ячейки накопителя; 4 – передающие окна

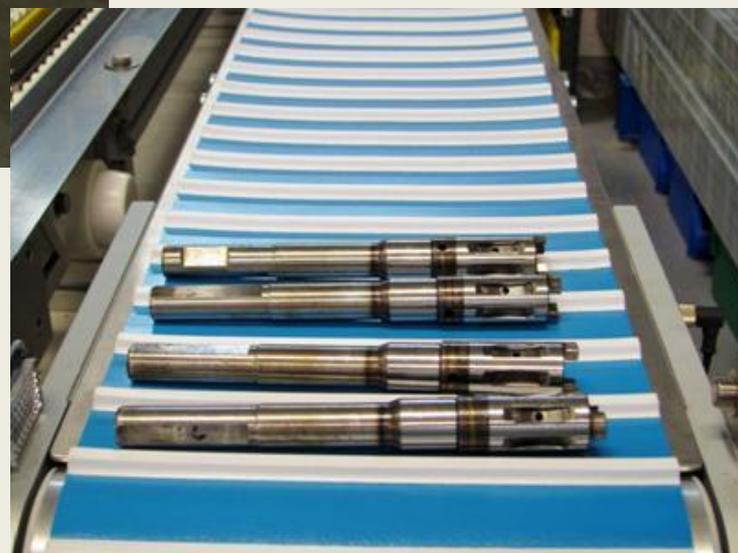


Компоновка АТСС со стеллажом-накопителем:

стеллаж-накопитель спутников с заготовками 1, транспортные средства в виде кранов-штабелеров 2 и 3, позиции загрузки 4, разгрузки 5 и контроля 6. Стеллажи АТСС располагаются, как правило, вдоль линии станков ГПС.



Склады конвейерного типа



Склады конвейерные типа «тактовый стол»



Определение характеристики стеллажа-накопителя.

Основная расчетная характеристика накопителя - **вместимость**, которая **определяется исходя из числа спутников**, необходимого для полной загрузки станков во время работы комплекса.

Расчеты параметров АТСС производят **исходя из числа среднестатистических величин трудоемкости** обработки деталей и их **месячной программы выпуска** на предприятии.

Максимальное число деталиустановок различных наименований (число серий), которые могут быть обработаны на комплексе в течение месяца

$$K_{max} = \frac{60\Phi_{cm}n_{cm}}{t_{об}N}$$

Φ_{cm} - месячный фонд отдачи станка, ч ($\Phi_{cm} = 305$ ч); n_{cm} - число станков, входящих в ГПС; $t_{об}$ - средняя трудоемкость обработки одной деталиустановки, мин; N - средняя месячная программа выпуска деталей одного наименования.

Полученное **число деталиустановок** (число возможных серий) определяет **число ячеек в стеллаже**. Для обеспечения нормальной работы ГПС необходим **запас ячеек в накопителе, $\approx 10\%$ от K_{max}** .

Наиболее рациональной компоновкой стеллажа является **многоярусная двухрядная схема**

Расчет числа позиций загрузки и разгрузки.

Позиции загрузки, где производится установка заготовки в приспособление-спутник, и разгрузки, где обработанная деталь снимается с приспособления, могут быть либо разделены, либо совмещены.

Расчет необходимого числа позиций загрузки и разгрузки

$$n_{\text{поз}} = \frac{tK_{\text{дет}}}{60\Phi_{\text{поз}}}$$

$$K_{\text{дет}} = K_{\text{наим}} N$$

t – средняя трудоемкость операций на позиции (только загрузки или разгрузки, если операции разделены, и суммарная, если обе операции выполняются на одной позиции), мин; $K_{\text{дет}}$ – число деталиустановок, проходящих через позицию в течение месяца, шт.; $\Phi_{\text{поз}}$ – месячный фонд времени работы позиции, ч.; N – средняя месячная программа выпуска деталей одного наименования $K_{\text{наим}}$, шт

Расчет числа штабелеров.

Штабелер, расположенный со стороны станков, **должен передавать спутник с заготовками** со стеллажа на станок, со станка на станок и со станка на стеллаж.

$$K_{шт1} = \frac{T_{обсл}}{\Phi_{шт} 60}$$

$$T_{обсл} = \frac{K_{стел-ст} t_{стел-ст} + K_{ст-ст} t_{ст-ст}}{60}$$

$$t_{стел-ст} = t_{ст-ст} = t_1 + t_2$$

$$t_1 = t_k + t_{под} + t_{в.с.}$$

$$t_2 = t_k + t_{под} + t_{н.с.}$$

$$t_{под} = \frac{L_x}{V_x} + \frac{L_y}{V_y}$$

$\Phi_{шт}$ - фонд работы штабелера, ч; $T_{обсл}$ - время работы штабелера; $K_{стел-ст}$ - число перемещений между стеллажом и станками; $K_{ст-ст}$ - число перемещений между станками; $t_{стел-ст}$ - время, затрачиваемое на передачу спутника со стеллажа на станок и обратно, мин; $t_{ст-ст}$ - время, затрачиваемое на передачу спутника со станка на станок, мин. t_1 - время отработки команды «**Подойти и взять спутник**», мин; t_2 - время отработки команды «**Подойти и поставить спутник**», мин; t_k - время (1,5...10 с) расчета и передачи команды от ЭВМ в устройство ЧПУ штабелера, мин; $t_{под}$ - время подхода штабелера к заданной точке, мин; $t_{в.с.}$ - время (0,15...0,25) работы по выполнению команды «**Взять спутник**», мин; $t_{н.с.}$ - время (0,15...0,25) работы по выполнению команды «**Поставить спутник**», мин. L_x и L_y - длина перемещения штабелера по осям x и y , м; V_x и V_y - скорость перемещения штабелера по осям x и y , м/мин.

Определение структуры и состава автоматизированной системы инструментального обеспечения (АСИО) ГПС

Автоматизированная система инструментального обеспечения (АСИО) предназначена выполнять следующие функции:

- подготовка инструмента,
- контроля качества,
- хранение инструмента,
- транспортирование инструмента,
- автоматическая замена инструмента.

Автоматическая смена инструмента в условиях ГАП может осуществляться **двумя способами**:

- **полная замена магазинов инструментов** на станках при переходе с обработки одной детали на другую
- **замена отдельных инструментов в магазине** из центрального склада-накопителя.

Определение характеристики центрального магазина инструментов.

Основная расчетная характеристика центрального магазина инструментов - **вместимость** определяется **числом инструмента**, требуемого для обработки заданного числа деталиустановок, и **размерами ГПС**. Склад инструментов в ГАП располагается над станками.

Суммарное число инструментов, необходимое для обработки всей номенклатуры деталиустановок в течение месяца

$$K_{ин} = K_1 + K_д \quad K_1 = \frac{K_{наим} t_{об}}{t_{ин}} \quad K_д = n_д K_{наим}$$

K_1 - число инструментов для обработки всей номенклатуры деталиустановок, шт.; $K_д$ - число дублеров инструмента для обработки месячной программы деталиустановок, шт; $K_{наим}$ - число наименований деталиустановок, шт.; $t_{об}$ - среднее время обработки детали одного наименования, мин; $t_{ин}$ - среднее время работы одного инструмента, мин; $n_д$ - среднее число дублеров на одну деталиустановку, шт.

Размеры стеллажа инструментов

$$L_{ск} = \frac{K_{ин} t_2}{2}$$

$L_{ск}$ - длина стеллажа; t_2 - шаг расположения инструментальных гнезд, мм. При расчетах значения t_2 можно принимать равным: $t_2 = 126$ мм.

Определение числа подвижных транспортных механизмов центрального магазина инструментов.

К подвижным транспортным механизмам склада инструментов относятся **инструментальные подъемные кассеты**, служащие для вывода со склада затупившегося инструмента и наполнения его новыми инструментальными наладками из отделения подготовки инструментов.

Расчетной характеристикой кассет является **число гнезд под инструмент**, который необходимо доставить за один подъем кассеты.

Производительность, которую должна обеспечить кассета (шт./ч),

$$K_{кас} = \frac{K_{ин} m}{\Phi_K}$$

ПРИМЕР. Для установки 2500 инструментов, необходимых для обработки деталей, и последующей их замены при запуске деталей полумесячными партиями ($m = 1,5$) расчетная производительность кассет составит $K_{кас} = 12$ шт/час. Среднее время работы инструмента составляет $t_{ин} = 3$ мин, время его смены $t_{см} = 2,5$ мин.

Таким образом, при среднем времени нахождения в комплексе каждого инструмента $t_{ин} = 5,5$ мин за один час надо сменить $K_{ин} = 60/5,5 = 11$ инструментов. При периодичности подъема кассеты в один час принимаем число подвижных кассет равным двум по шесть гнезд в каждой кассете

Расчет числа роботов-автооператоров АСИО

Робот-автооператор обеспечивает доставку инструмента из накопителя в магазин станков и обратно.

$$K_{\text{шт-ст}} = \frac{T'_{\text{обсл}}}{\Phi_{\text{ис-ст}}}$$

$$T_{\text{обсл}} = \sum_{i=1}^n K_{\text{см}} \left(\frac{t_{\text{см}}}{60} \right)$$

$$K_{\text{см}} = K_{\text{ин}} m + \dots_{\text{д.см}}$$

$$K_{\text{д.см}} = 2n_{\text{ин}} N \left(\frac{\text{дет}}{\text{д}} \right)$$

$T_{\text{обсл}}$ - суммарное время, затрачиваемое роботом на обслуживание станков;
 $\Phi_{\text{ис-ст}}$ - месячный фонд времени работы робота, $\Phi_{\text{ис-ст}} = 305$ ч. $K_{\text{см}}$ - число смен инструмента на одном станке в течение месяца, шт.; $t_{\text{см}}$ - среднее время смены одного инструмента, мин; n - число станков в ГПС, шт. $K_{\text{ин}}$ - число инструментов, необходимых для обработки всей номенклатуры деталей, шт.; m - коэффициент, учитывающий партионность деталей; $K_{\text{д.см}}$ - число дополнительных смен инструмента на станках, шт. 2 - коэффициент, учитывающий ввод и вывод одного инструмента; $n_{\text{ин}}$ - число инструментов, не размещающихся в магазине станка, шт.;

N - месячная программа выпуска деталей, шт.; $K_{\text{дет}}$ - число наименований деталиустановок, обрабатываемых на комплексе, шт.; $n_{\text{д}}$ - число деталиустановок, одновременно обрабатываемых на станке, шт.

Среднее время смены одного инструмента в станке определяется временем отработки роботом-автооператором четырех кадров:

$$t_{см} = t_1 + t_2 + t_3 + t_4$$

$$t_1 = t_k + t_{под} + t_в$$

$$t_2 = t_k + t_{под} + t_в$$

$$t_3 = t_k + t_{под} + t_n$$

$$t_4 = t_k + t_{под} + t_n$$

t_1 – время отработки кадра **«Подойти к инструментальному гнезду склада и взять инструмент»**; t_2 – то же **«Подойти к магазину инструментов станка и взять инструмент»**; t_3 – то же **«Поставить инструмент в магазин инструментов станка»**; t_4 – то же **«Подойти к свободному инструментальному гнезду склада и поставить инструмент со станка»**.

t_k - время расчета и передачи кадра из ЭВМ в устройство ЧПУ робота-автооператора, $t_k = 1,5...10$ с; $t_{под}$ - время на подход к заданному гнезду;

$t_{под} = l/V$, l – путь перемещения робота, м; V – скорость перемещения, м/мин.

$t_в$ - время на отработку кадра **«Взять инструмент»**; $t_в = 0,12...0,25$ мин.

t_n - время на отработку кадра **«Поставить инструмент»**; $t_n = 0,12...0,25$ мин.

$t_{пов}$ – время поворота робота на 180° , $t_{пов} = 0,02...0,05$ мин .

$$t_{см} = 4t_k + 3t_{под} + t_{пов} + 2(t_в + t_n)$$

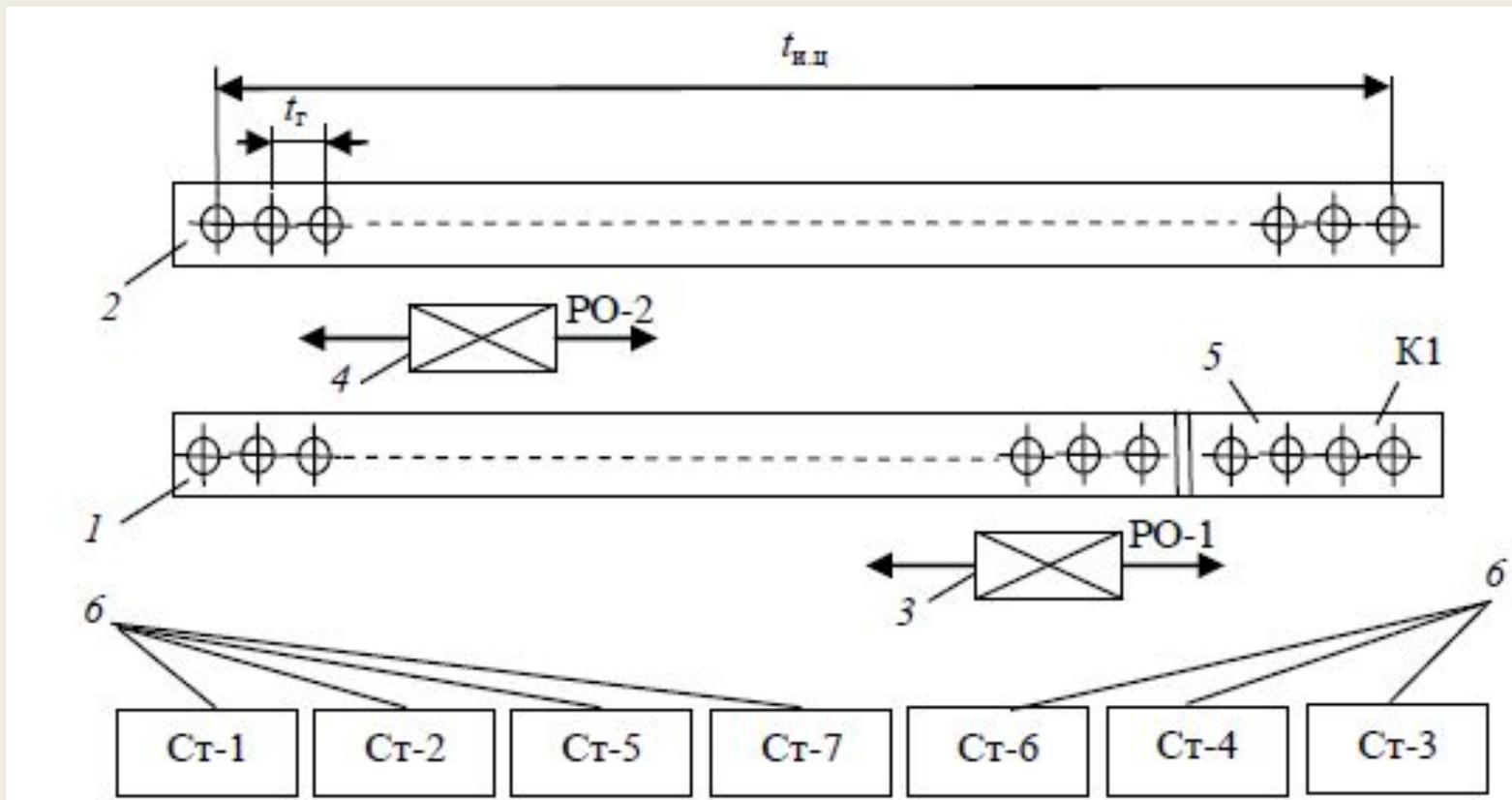


Схема компоновки АСИО с центральным складом-накопителем инструментов:

1, 2 – накопители инструментов; 3, 4 – роботы-автооператоры доставки инструментов, расположенные соответственно со стороны станков РО-1 и между накопителями РО-2; 5 – подъемная кассета инструментов К1; 6 – станочный комплекс ГПС

Система автоматизированного контроля (САК)

Расчет необходимого числа позиций контроля.

$$n_{\text{поз.к}} = \frac{t_{\text{к}} K_{\text{дет.к}}}{60\Phi_{\text{поз}}}$$

$$K_{\text{дет.к}} = \frac{K_{\text{дет}}}{n}$$

$$n = \frac{n_1}{k_1 k_2}$$

$$t_{\text{к}} = t_{k1} + t_{k2} + \dots t_{ki}$$

$t_{\text{к}}$ – суммарное время контроля одной деталиустановки, мин; $K_{\text{дет.к}}$ – число деталиустановок, проходящих контроль за месяц, шт.; $\Phi_{\text{поз}}$ – месячный фонд времени работы позиции контроля, ч.; $K_{\text{дет}}$ – число деталиустановок, обрабатываемых на комплексе за месяц, шт.; n – число деталиустановок, через которое деталь выводится на контроль, шт.; n_1 – плановое число деталиустановок, через которое деталь выводится на контроль по требованию технолога, шт.; k_1 и k_2 – поправочные коэффициенты, связанные с выводом деталей на контроль по требованию наладчика соответственно для первой деталиустановки в начале смены (k_1) и сразу же после установки нового инструмента (k_2); t_{k1} , t_{k2} – соответственно время контроля поверхностей детали после обработки на 1, 2 и т.д. i -м станках комплекса.

Время каждого промежуточного контроля $t_{\text{п}} = 5$ мин, окончательного контроля всех поверхностей детали (после обработки на последнем станке комплекса) $t_{\text{к.ок}} = 30$ мин. Плановый вывод деталей на контроль - через каждые 5...8 деталиустановок, т.е. $n_1 = 5...8$. Величина поправочных коэффициентов $k_1 = 1,15$; $k_2 = 1,05$.

ПЛАНИРОВКА УЧАСТКОВ И ЛИНИЙ ГПС.

Компоновка ГПС во многих случаях размещение определяется типом *АТСС* и *АТЗС* с помощью которых регулируются грузопотоки

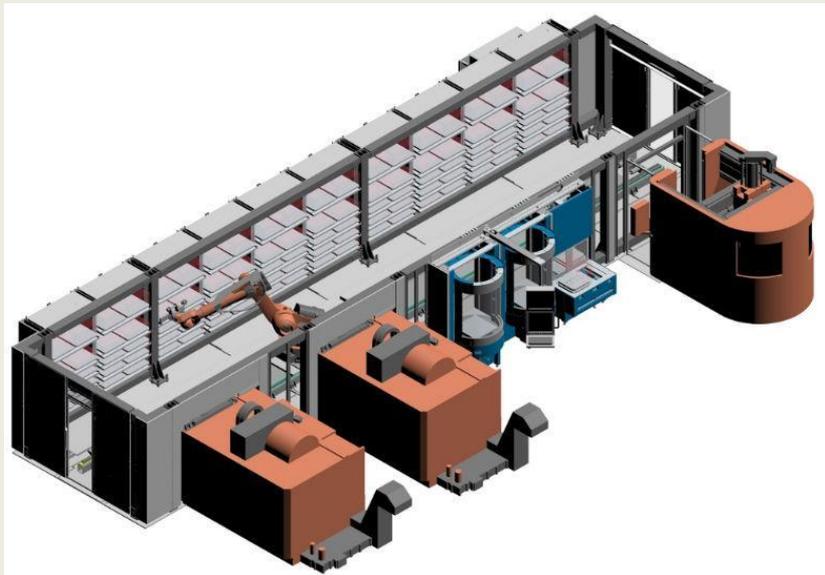
Основные схемы ГПМ

ГПМ с индивидуальным обслуживанием единицы технологического оборудования при помощи одного ПР



Заготовки перед подачей их роботом в зону обработки **предварительно ориентируются** и **подаются на фиксированную промежуточную позицию**, обслуживаемую автоматизированными загрузочно-разгрузочными устройствами типа тактового стола или шагового конвейера-накопителя

Гибкие автоматизированные линии (ГАЛ) и участки (ГАУ) с групповым обслуживанием одним или несколькими ПР.



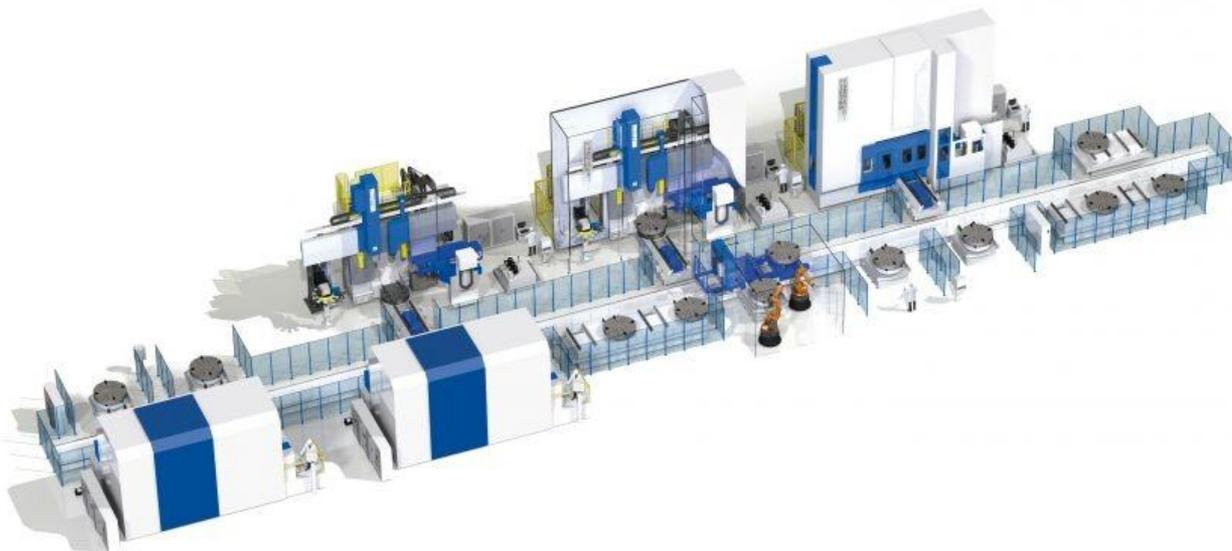
ГАЛ предполагают **обслуживание одним или несколькими ПР** группы оборудования **в принятой технологической последовательности выполняемых операций.**

На **ГАУ** при **обслуживании оборудования одним или несколькими ПР** предусмотрена **возможность изменения последовательности выполнения технологических операций.**

ГАЛ и ГАУ могут включать в себя несколько ГПМ, связанных между собой транспортными средствами и единой автоматизированной системой управления.

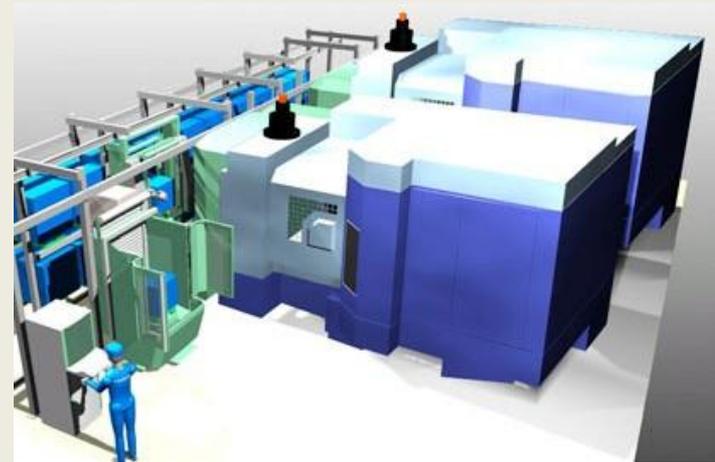
Расположение технологического оборудования

Линейное (продольное) - расположение оборудование вдоль транспортной трассы



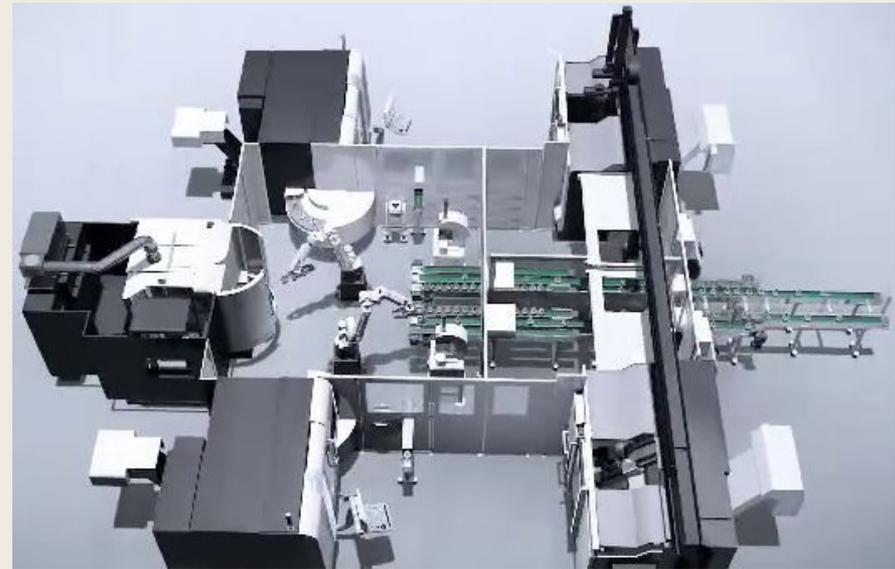
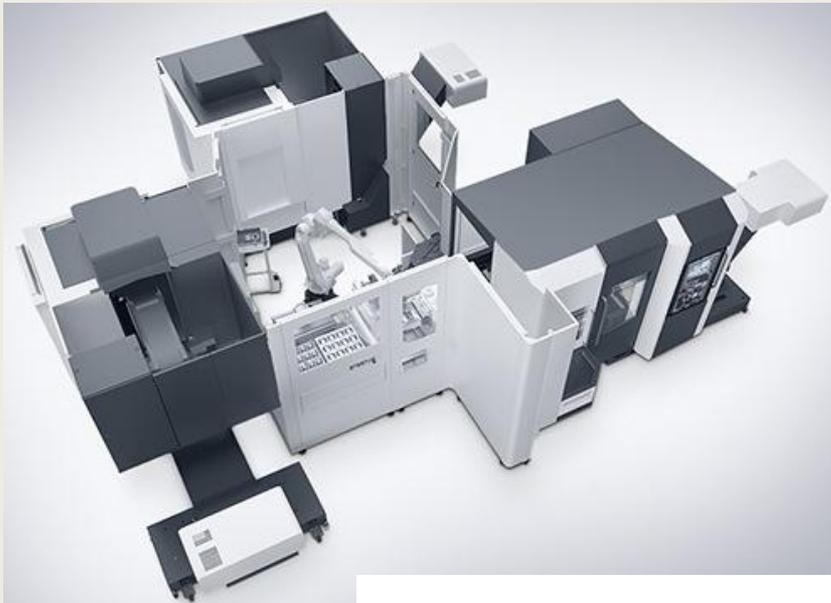
Расположение технологического оборудования

Поперечное расположение - применяют в случае, когда при продольном расположении получаются слишком длинные линии.



Расположение технологического оборудования

Кольцевое - целесообразно для многостаночного обслуживания с помощью ПР, работающих в цилиндрической системе координат



Построение циклограммы работы ГПМ

№	Об.	Наименование перехода	φ	z	x	y	R	t, с.
1. Перемещение нового изделия в станок (1) из тактового стола								
1.	P	Подвод руки в зону работы Тактового стола		z1	x1			1,5
2.	P	Перемещение для захвата заготовки		z2				1,5
3.	P	Захват изделия захватным устройством						2
4.	P	Перемещение для последующей транспортировки		-z1				1,5
5.	P	Перемещение руки в транспортное положение		0	0			1,5
6.	P	Поворот руки в положение к станку (1)	$\varphi 1$	0	0			3,5
7.	C1	Открытие дверей станка						1,5
8.	P	Перемещение и поворот руки робота в рабочую зону станка (1)		z3	x2		R1	1,5
9.	P	Размещение заготовки в шпинделе станка (1)		z4		y1		1,5
10.	C1	Зажим заготовки станком (1)						0,8
11.	P	Отвод руки робота от шпинделя станка				0		1,5
12.		Перемещение и поворот руки робота в транспортное положение		0	0		0	
13.	C1	Закрытие дверей станка (1)						1,5
14.	C1	Обработка резанием, 1 установ						120
2. Перемещение предыдущего изделия из бункера в зону контроля, контроль								
15.	P	Поворот к бункерному устройству	$\varphi 2$					3,5
16.	P	Подвод руки в зону бункерного устройства		z4	x3			1,5
17.	P	Перемещение для захвата заготовки в бункере		z5				1,5
18.	P	Захвата изделия хранящегося в бункере						2
19.	P	Перемещение для отвода в положение транспортировки		z4				1,5
20.	P	Перемещение руки в транспортное положение		0	0			1,5
21.	P	Поворот руки в положение к системе контроля (1)	$\varphi 3$	0	0			3,5
22.	P	Подвод руки в зону контроля		z6	x4			1,5
23.	P	Перемещение руки для расположения заготовки в зоне контроля		z7				1,5
24.	P	Разжим захвата, освобождение изделия из руки робота						0,8
25.	P	Перемещение для отвода в положение транспортировки		z6				1,5
26.	P	Перемещение руки в транспортное положение		0	0			1,5
27.	K	Контроль исполнительных размеров						12

3. Перемещение изделия из зоны контроля на тактовый стол

28.	P	Подвод руки в зону контроля		z6	x4			1,5
29.	P	Перемещение руки для захвата заготовки в зоне контроля		z7				1,5
30.	P	Захват изделия						0,8
31.	P	Перемещение для отвода в положение транспортировки		z6				1,5
32.	P	Перемещение руки в транспортное положение		0	0			1,5
33.	P	Поворот руки в позицию тактового стола	φ0					3,5
34.	P	Подвод руки в зону работы тактового стола		z1	x1			1,5
35.	P	Перемещение для размещения заготовки		z2				1,5
36.	P	Разжим захвата, размещение изделия						2
37.	P	Перемещение для последующей транспортировки		z1				1,5
38.	P	Перемещение руки в транспортное положение	0	0	0			1,5
4. Перемещение изделия из станка (2) в бункер.								
39.	P	Поворот руки в положение к станку (2)	φ4					3,5
40.	C2	Открытие дверей станка						1,5
41.	P	Перемещение и поворот руки робота в рабочую зону станка (2)		z8	x5		R2	1,5
42.	P	Захват заготовки в шпинделе станка роботом (2)				y2		1,5
43.	C2	Разжим заготовки станком (2)						0,8
44.	P	Отвод руки робота от шпинделя станка				0		1,5
45.	P	Перемещение и поворот руки робота в транспортное положение		0	0	0	0	1,5
46.	P	Поворот руки в позицию бункера	φ2					3,5
47.	P	Подвод руки в зону работы бункера		z4	x3			1,5
48.	P	Перемещение для размещения заготовки		z5				1,5
49.	P	Разжим изделия захватным устройством						2
50.	P	Перемещение для отвода в положение транспортировки		z4				1,5
51.	P	Перемещение руки в транспортное положение		0	0			1,5

5. Перемещение изделия из станка (1) в станок (2) и выход в начальное положение.								
52.	P	Поворот руки в положение к станку (1)	φ1				3,5	
53.	C1	Открытие дверей станка					1,5	
54.	P	Перемещение и поворот руки робота в рабочую зону станка (1)		z3	x2		R	1,5
55.	P	Движение для захвата заготовки в шпинделе станка роботом (1)				y1		1,5
56.	C1	Разжим заготовки станком (1)						0,8
57.	P	Отвод руки робота от шпинделя станка				0		1,5
58.	P	Перемещение и поворот руки робота в транспортное положение		0	0		0	1,5
59.	C1	Закрытие дверей станка						1,5
60.	P	Поворот руки в положение к станку (2)	φ4	0	0			3,5
61.	C2	Открытие дверей станка						1,5
62.	P	Перемещение и поворот руки робота в рабочую зону станка (1)		z8	x5		R2	1,5
63.	P	Расположение и разжим заготовки в шпинделе станка роботом (1)				y2		1,5
64.	C2	Зажим заготовки станком (1)						0,8
65.	P	Отвод руки робота от шпинделя станка				0		1,5
66.	P	Перемещение и поворот руки робота в транспортное положение		0	0		0	1,5
67.	C2	Закрытие дверей станка						1,5
68.	C2	Запуск обработки со второго установка						90
69.	P	Поворот руки в положение к тактовому столу	φ0					3,5

Циклограмма работы ГПМ

